

FATOS & ASFALTOS

INFORMATIVO GRECA Asfaltos | Março 2016 | ANO 13 | Nº27



Mala Direta
Básica

9912319689/2013 - DR/PR
GRECA

Correios

FECHAMENTO
AUTORIZADO

Pode ser aberto
pela E.C.T

RC-MICRO-N

Aplicação de
Microrrevestimento
Asfáltico a Frio Noturno

- **ASPHALT RUBBER 2015 INTERNATIONAL CONFERENCE**

Um dos mais importantes eventos do setor

- **BIBLIOTECA DO ASFALTO**

Pesquisa SOLO – Emulsão

- **OBRA EM DESTAQUE**

Consórcio conclui obras de pavimentação da travessia urbana de Nova Serrana (MG)

ASPHALT RUBBER 2015 INTERNATIONAL CONFERENCE

CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE

ASFALTO BORRACHA 2015

Entre os dias 4 e 7 de outubro aconteceu a Asphalt Rubber 2015 International Conference - Conferência Internacional sobre Asfalto Borracha, no Luxor Hotel, em Las Vegas.

O EVENTO ABORDOU PRINCIPALMENTE OS SEGUINTE TEMAS:

- **Classificação PG de ligantes asfálticos com borracha;**
- **Ensaio mecânicos de misturas asfálticas quentes com asfalto borracha;**
- **Usos em pavimentação de ligantes asfálticos com borracha em quaisquer tipos de misturas (Densas, Gap Graded, Open Graded, SMA e outras);**
- **Aplicações de Tratamento Superficial com ligantes asfálticos com borracha;**



- **Soluções ambientais utilizando misturas com asfalto borracha, tais como, redução de ruído e diminuição do consumo de energia;**
- **Discussões gerais sobre borracha reciclada de pneus para utilização no asfalto borracha.**

A GRECA Asfaltos esteve presente no evento, representada pelo Engº José Antonio Antoszczem Junior, Gerente de Produção e Qualidade, que considera o evento como um dos mais importantes do ramo, visto a possibilidade de novos negócios, visibilidade e também atualização sobre os últimos estudos e pesquisas da área.

O evento também contou com outras presenças brasileiras. O Departamento de Estradas de Rodagem (DER-RJ) foi um dos principais patrocinadores da conferência. A Romanelli Equipamentos para Pavimentação, também participou como patrocinadora do evento, divulgando seus equipamentos utilizados no serviço de Tratamento Superficial com Asfalto Borracha.



www.grecaasfaltos.com.br

Novidades e informações sobre a GRECA e produtos.
Acesse e faça o download de todas as edições do Fatos&Asfaltos.

www.youtube.com/GRECAasfaltos

Confira nosso canal no YouTube. Conteúdos diversos sobre obras e asfalto-borracha.



RC-MICRO-N.

APLICAÇÃO DE MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO NOTURNO CCR NOVA DUTRA

Dados da Obra:

- Contratante: Concessionária da rodovia Presidente Dutra S.A.
- Local: Rodovia Presidente Dutra, Km 317 – Trevo de acesso de Itatiaia/RJ
- Características do Trecho: volume de tráfego de veículos comerciais é igual a 960 veículos/dia, sendo que 60% (576) são de caminhões médios e 40% (384) são caminhões pesados.
- Aplicador: Garcia Monteiro & Cia Ltda.
- Fornecedor da Emulsão Asfáltica: GRECA Distribuidora de Asfaltos S.A.
- Produto: Emulsão Tipo RC-Micro N (Emulsão Asfáltica especificação ANP Tipo RC-1C-E para trabalhos noturnos).

Detalhes da Aplicação:

Aplicação do Micro Noturno: A aplicação foi realizada entre os dias 22 e 23 de junho de 2015. Na noite do dia 22, mais precisamente às 23h00, iniciou-se a aplicação da primeira camada. Após a rolagem da primeira camada, procedeu-se com a aplicação da segunda camada, já na madrugada do dia 23 à 01h30. A rolagem final do Micro Noturno ocorreu 45 minutos após a aplicação da segunda camada.

A liberação da pista ao tráfego foi as 05h30 da manhã, ou seja, pouco mais de três horas após a finalização da rolagem final sobre a segunda camada. Egerae diceri publinat, egeressimus cris? O ta L. Mium, nostrit



Figura 1: Detalhe da aplicação 1ª camada. (22/06/15 – 23h57)



Figura 2: Detalhe do local da aplicação. (22/06/15 – 22h52)



Figura 3: Detalhe da 1ª camada após rolagem. (23/06/15 – 0h05)



Figura 4: Início da aplicação da 2ª camada. (23/06/15 – 0h12)



Figura 5: Detalhe após aplicação da 2ª camada. (23/06/15 – 0h23)



Figura 6: Detalhe da liberação ao trânsito após 4 horas. (23/06/15 – 09h28)



Figura 7: Detalhe da liberação ao trânsito após 4 horas. (23/06/15 – 10h26)

Averiguação das condições do trecho 21 dias após a aplicação.



No dia 13 de julho de 2015, 21 dias após a aplicação, foi realizada uma visita ao trecho onde foi aplicado o Micro Noturno pelos profissionais das empresas: CCR – Dra. Valéria e Engenheiro Luiz, GRECA Asfaltos - Eng. Carlos Marchesato para verificar o comportamento do Micro.

Foi verificado que a camada de rolamento estava estável, com alta coesão e resistência ao tráfego totalmente adequada a solicitação que está imposta a este trecho da rodovia.



Figura 8: Detalhe do trecho em 13/07/2015 – 11h29 (21 dias após a aplicação).

Conclusão

Diante da situação extrema do teste ao qual a aplicação do Microrrevestimento Asfáltico a Frio foi submetida, onde as condições de temperatura e umidade eram muito desfavoráveis, pode-se afirmar que o resultado final foi muito satisfatório, superando inclusive as expectativas dos profissionais das empresas envolvidas neste teste, bem como, do cliente. Portanto, é possível concluir que o desempenho da emulsão asfáltica RC-MICRO-N da GRECA Asfaltos cumpriu com suas funções de promover aplicabilidade, tempo de cura e coesão adequados para uma aplicação de Microrrevestimento Asfáltico a Frio durante o período noturno.

Agradecimentos

CCR: Dra. Valéria Cristina de Faria e Engenheiro Luiz Gutierrez Klinsky.

Garcia Monteiro: Rafael Rodrigues Garcia, Engenheiro Denis Alves Silva, Engenheiro Tiago e Engenheiro Fábio Valentini.

GRECA Asfaltos: Engenheiro Carlos Marchesato e Químico William Ruiz.

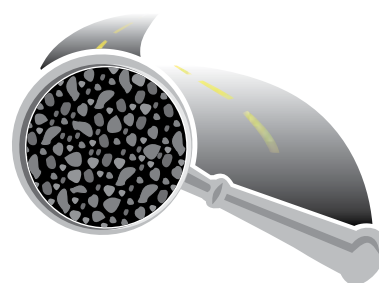
Pactoon: Sr. Cleber Costa.

Concremat: Sr. Walter de Castro Bernardes.

Pesquisa SOLO – Emulsão

Mais um fruto da parceria entre a GRECA Asfaltos e LAPAV (Laboratório de Pavimentação – Escola de Engenharia – UFRGS) foi conduzida uma pesquisa sobre o tema solo-emulsão. Este trabalho gerou um artigo apresentado no 18º CILA (Congresso Ibero Latino Americano de Asfalto). Com o título “Estabilização de solos com emulsão asfáltica para emprego em pavimentação”. Veja a continuação do artigo já veiculado na edição anterior, abaixo:

Agradecimentos: Jorge Augusto Ceratti, Daniel Martel e Lysiane Pacheco. Equipe de técnicos do Laboratório de Pavimentação da UFRGS - LAPAV. Engº Wander Omena Gerente de Pesquisa e Desenvolvimento da GRECA ASLFALTOS.



CENTRO DE PESQUISAS

GRECA ASFALTOS



Etapa 6. A escolha de teores de água e emulsão é baseada inicialmente no descarte dos teores de fluido cujos corpos-de-prova não resistiram à imersão em água seja no ensaio RT seja no ensaio RCS.

Santana (2009) apresentou em seu trabalho parâmetros mínimos de aceitação para definição do teor ótimo de emulsão a ser utilizado em uma mistura baseado nos ensaios de RT e RCS. A tabela 3.1 apresenta essa sugestão a qual é baseada em

valores mínimos de resistência bem como na relação entre resistências à tração por compressão diametral imersa/seca ($RRT > 60$ ou 65%) e relação entre resistências à compressão simples ($RRCS_{15\%}$).

O próximo capítulo apresenta os materiais utilizados na presente pesquisa bem como o programa experimental realizado até o momento.

Característica	Ensaio RT	Ensaio RCS
Solos arenosos		
Tensão de ruptura - condicionamento de 7 dias de cura ao ar (seca)	> 0,30 MPa	> 0,80 Mpa
Tensão de ruptura - condicionamento de 7 dias de cura ao ar + imersão (imersa)	> 0,20 Mpa	> 0,10 Mpa
RRT ou RRCS	> 60%	> 15%
Cascalhos lateríticos		
Tensão de ruptura - condicionamento de 7 dias de cura ao ar (seca)	> 0,30 Mpa	> 0,80 Mpa
Tensão de ruptura — condicionamento de 7 dias de cura ao ar + imersão (imersa)	> 0,20 Mpa	> 0,15 Mpa
RRT ou RRCS	> 65%	> 15%

4. | MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo tem por objetivo apresentar a descrição dos materiais utilizados na presente pesquisa bem como o programa experimental aplicado, especificando as metodologias adotadas na realização dos experimentos.

Em se tratando de metodologia, a pesquisa compreenderá as seguintes etapas:

- a)** revisão bibliográfica;
- b)** realização de ensaios laboratoriais de comportamento mecânico dos solos a serem estabilizados, através de ensaios de granulometria, limites de consistência, compactação, CBR ou ISC, módulo de resiliência;
- c)** caracterização da emulsão asfáltica empregada;

d) avaliação das propriedades da mistura em termos de resistência, deformabilidade e durabilidade das misturas solo-emulsão, curadas durante 7, 14 e 28 dias;

e) análise dos resultados obtidos;

f) conclusão da pesquisa.

O item a seguir apresenta os resultados dos ensaios feitos até o momento nos materiais estudados.

4.2 | CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS ESTUDADOS

4.2.1 | Solo 1

O primeiro ensaio realizado no material denominado solo 1 foi o ensaio de análise granulométrica. O ensaio foi realizado segundo método de ensaio DNER-ME 051/94. A figura 4.1 apresenta a curva granulométrica obtida para o material em questão.

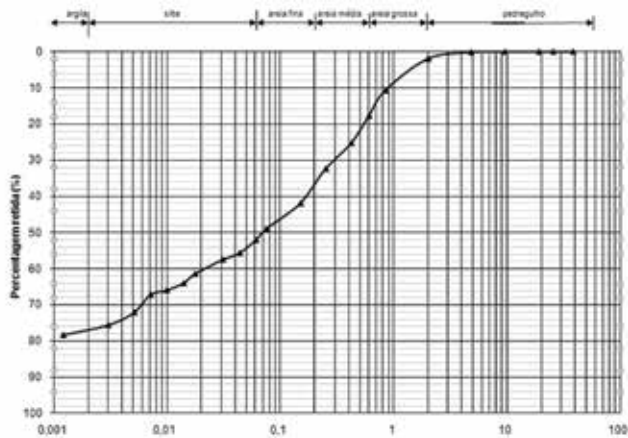


Figura 4.1 – Curva granulométrica obtida para solo 1

A curva granulométrica obtida para o solo 1 apresenta as seguintes frações de materiais: 23% de argila, 25% de silte, 15% de areia fina, 19% de areia média, 16% de areia grossa e 2% de pedregulho.

Obtida a curva granulométrica, foram feitos os ensaios dos limites de consistência do material, segundo as normas DNER-ME 082/94 e DNER-ME 122/94. Os valores obtidos para LL e LP foram, respectivamente, 27% e 17%. Dessa maneira, o índice de plasticidade do material é 10%

Com os resultados da análise granulométrica e dos limites de consistência, o material foi classificado segundo a American Association of State Highway Officials (AASHTO). O material em questão pode ser classificado como A-4.

O próximo ensaio realizado foi o de compactação. O objetivo do ensaio é a obtenção da umidade ótima e do peso específico aparente seco máximo do material, parâmetros utilizados na moldagem dos corpos-de-prova para os ensaios CBR e módulo de resiliência. Para a presente pesquisa, o ensaio de compactação foi realizado na energia do proctor modificado, segundo método de ensaio DNER-ME 129/94. A figura 4.2 apresenta a curva de compactação obtida no referido ensaio.

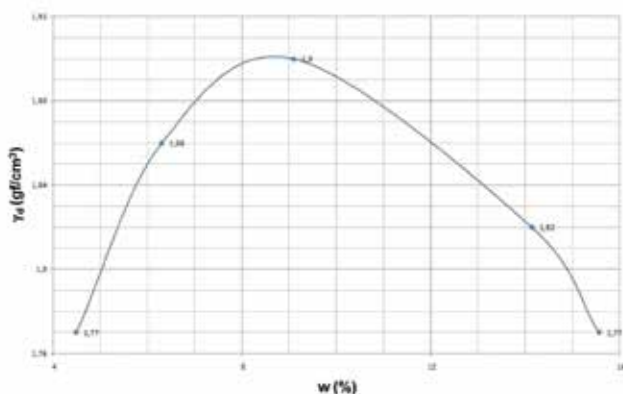


Figura 4.2 - Curva de compactação obtida para o solo 1

A análise da curva de compactação mostra que a umidade ótima do material fica em torno de 9%. O peso específico aparente seco máximo do material equivale a 1,91 gftm³.

Obtida a umidade ótima do material, foi realizado o ensaio do Índice de Suporte Califórnia (ISC). O ensaio foi moldado na umidade ótima com energia proctor modificado, segundo método de ensaio DNER-ME 049/94. O ISC do material apresentou valor de 22%.

A seguir são apresentados os resultados obtidos para o material denominado solo 2.

4.2.2 | Solo 2

Assim como no solo 1, o primeiro ensaio realizado no material denominado solo 2 foi o ensaio de análise granulométrica. A figura 4.3 apresenta a curva granulométrica obtida. O material apresenta as seguintes frações de materiais: 4% de argila, 12% de silte, 8% de areia fina, 11% de areia média, 22% de areia grossa e 43% de pedregulho.

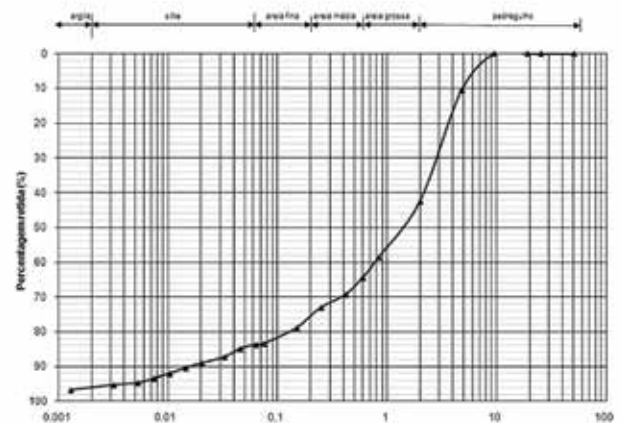


Figura 4.3 - Curva granulométrica obtida para o solo 2

Posteriormente, foram feitos os ensaios dos limites de consistência. Os valores obtidos caracterizam o material como sendo não plástico (NP).

Segundo classificação da AASHTO, o material em questão pode ser classificado como A-1-b.

O ensaio de compactação, assim como no caso anterior, também foi realizado na energia do proctor modificado. A figura 4.4 apresenta a curva de compactação obtida para este material. A análise da mesma mostra que a umidade ótima do material fica em torno de 6%. O peso específico aparente seco máximo obtido foi de 2,02 gf/cm³.

O ensaio do Índice de Suporte Califórnia (ISC) foi moldado na umidade ótima na energia do proctor modificado. O ISC do material apresentou valor de 42%.

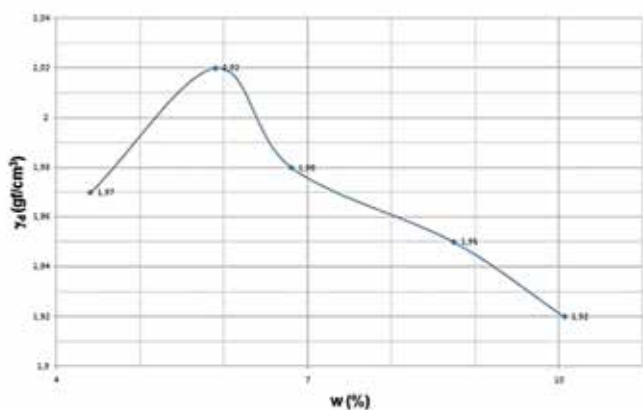


Figura 4.4 - Curva de compactação obtida para o solo 2

O próximo item apresenta os ensaios realizados até o momento para caracterização da emulsão asfáltica.

4.3 | CARACTERIZAÇÃO DA EMULSÃO ASFÁLTICA

A emulsão asfáltica utilizada na presente pesquisa foi fornecida pela empresa GRECA ASFALTOS. É do tipo não iônica, ou seja, os glóbulos de asfalto apresentam carga neutra.

O valor da sedimentação obtido no ensaio foi de 2,42%. A viscosidade foi determinada através do viscosímetro Brookfield. O valor obtido para viscosidade Brookfield foi de 950 centipoise (cP).

Foi realizado também o ensaio para determinação do resíduo, ou seja, determinação do CAP residual existente na emulsão estudada. O valor obtido de CAP residual foi 58%. Ainda foram realizados ensaios para determinação do ponto de amolecimento, densidade e penetração da emulsão asfáltica. Os valores obtidos foram, respectivamente, 59°C e 52x10²mm.

5 | APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 | ENSAIOS DOS MATERIAIS ESTUDADOS

Foram realizados ensaios triaxiais de módulo de resiliência nos materiais estudados.

Os ensaios foram realizados seguindo a metodologia americana AASHTO T 307: Standard Method of Test for Determining the Resilient Modulus of soils and Aggregate Materials. A figura 5.1 ilustra os resultados obtidos para os três ensaios realizados no material denominado solo 1, classificado como A-4 (classificação AASHTO). O modelo de ajuste utilizado no ensaio foi em função da tensão confinante ($MR \times \sigma_3$).

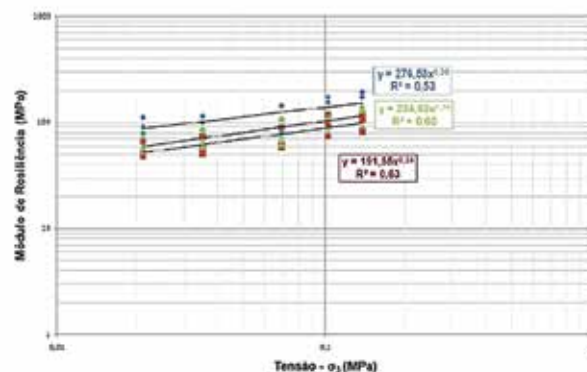


Figura 5.1 - Modelos obtidos no ensaio de módulo de resiliência para o solo 1

Os modelos apresentados na figura 5.1 sugerem valores que variam entre 50 MPa, para tensões de confinamento mais baixas até valores da ordem de 110 MPa, para tensões de confinamento mais altas.

No solo 2 foi realizado apenas um ensaio de módulo de resiliência até o momento. A figura 5.2 ilustra o resultado obtido. O modelo de ajuste utilizado foi o ($MR \times \sigma_3$).

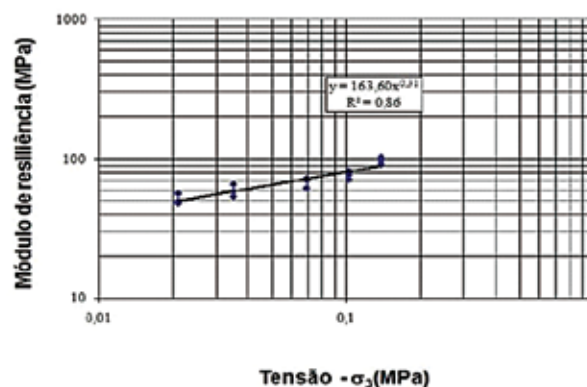


Figura 5.2 - Modelo obtido no ensaio do módulo de resiliência para o solo 2

Os valores de módulo de resiliência obtidos no ensaio realizado no solo 2 alteram entre 50 MPa e aproximadamente 100 MPa. Entretanto, o modelo obtido parece ter um desempenho inferior ao modelo obtido para o solo 1. Pode-se entender, então, que o solo 2, mais granular, obtém desempenho inferior em termos de deformabilidade se comparado com o solo 1, o qual apresenta parcela significativa de finos.

5.2 | ENSAIOS DA MISTURA SOLO-EMULSÃO

A presente pesquisa adotou como método de dosagem solo-emulsão o referido no trabalho de Santana (2009).

Dessa maneira, como explicado anteriormente, os ensaios que balizam a escolha do teor ótimo de emulsão são: resistência à tração por compressão diametral e resistência à compressão simples.

Foram testados diferentes combinações de água emulsão para determinação do teor ótimo, ou seja, aquele que consiga impermeabilizar de maneira satisfatória a mistura, mas que ao mesmo tempo, não produza uma perda de resistência devido a diminuição do atrito grão-a-grão.

O teor inicial de emulsão obtido em função da granulometria do agregado para o solo 1, A-4 segundo classificação AASHTO, foi 6,1%. Como o método preconiza variação de +/- 1% do teor ótimo, os teores utilizados na moldagem dos corpos de prova foram: 5,1, 6,1 e 7,1%.

Para o solo 2, A-1-b segundo classificação AASHTO, o teor inicial de emulsão obtido foi 4,9%. Os teores de emulsão utilizados na moldagem foram, portanto, 3,9, 4,9 e 5,9%. Os teores de água utilizados nas moldagens foram: $W_{ótima} - 3\%$ e $W_{ótima} + 3\%$.

Os corpos de prova foram moldados obedecendo a seguinte metodologia: no dia anterior a moldagem era adicionada água ao solo para atingir o teor de umidade pré-estabelecido e o material era colocado em sacos plásticos, permanecendo assim durante 24 horas. A próxima etapa consiste basicamente em misturar o solo com a emulsão. Primeiramente, a emulsão era colocada em uma estufa na temperatura de 50°C durante 30 minutos. Após a emulsão ser retirada da estufa, a mesma era misturada como solo em bandejas.

O processo de mistura foi feito em duas etapas. Primeiramente, era adicionada metade da quantidade de emulsão. O tempo de mistura variou de 3 a 5 minutos. Posteriormente, o restante de emulsão era adicionado e misturado. O modo de mistura escolhido foi o manual, misturando-se o solo e a emulsão com colheres ou espátulas.

Finalizado o processo de mistura, as bandejas eram colocadas em estufas a 25°C e ali ficavam durante 2 horas. Passado esse período, as bandejas eram retiradas da estufa e iniciava-se o processo de moldagem. No caso dos corpos de prova rompidos no ensaio de resistência a compressão diametral (RT), a compactação realizada foi a do tipo Marshall com 50 golpes por face. No caso dos corpos de prova rompidos no ensaio de resistência a compressão simples (RCS), os mesmos foram moldados em três camadas aplicando-se 26 golpes por

camada com o soquete grande. O corpo de prova do ensaio de RCS possui dimensões 10 x 13 cm (diâmetro x altura).

A figura 5.3 apresenta alguns corpos de prova da mistura solo emulsão rompidos no ensaio de resistência à tração diametral.



Figura 5.3 - Corpos de prova da mistura solo-emulsão (solo 1)

Foram realizados ensaios de resistência à tração por compressão diametral e resistência à compressão simples. Os resultados estão apresentados nas figuras 5.4 e 5.5, respectivamente.

O método de Santana (2009) preconiza valores mínimos de RT e RCS. Para o caso do ensaio de RT, o valor mínimo adotado é 0,3 MPa. No caso da RCS, o valor mínimo estabelecido é 0,8 MPa.

O método também preconiza a propriedade impermeabilizante da mistura ensaiada. Por isso, sugere valores mínimos de relação entre as resistências à tração imersa e não imersa (RRT) e relação entre as resistências à compressão simples imersa e não imersa. No caso da RRT, o valor mínimo estabelecido é 60% e, para o caso da RRCS, 15%.

As misturas ensaiadas até o momento conseguiram satisfazer os requisitos impostos pelo método.

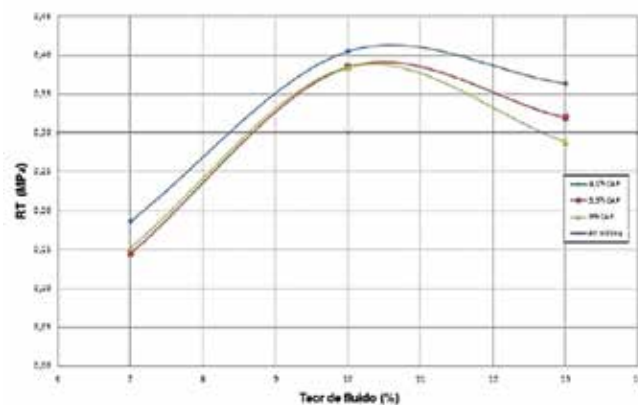


Figura 5.4 - Resultados do ensaio de resistência à tração por compressão diametral (solo 1)

A figura 5.4 evidencia que no caso do parâmetro RT, os melhores resultados ficaram em torno do teor de umidade ótimo (10%). Variando o teor de fluido no momento da mistura do solo com a emulsão, tanto para mais quanto para menos, a resistência apresenta queda significativa. O maior valor de RT obtido foi para mistura ensaiada com maior teor de emulsão (4.1% CAP).

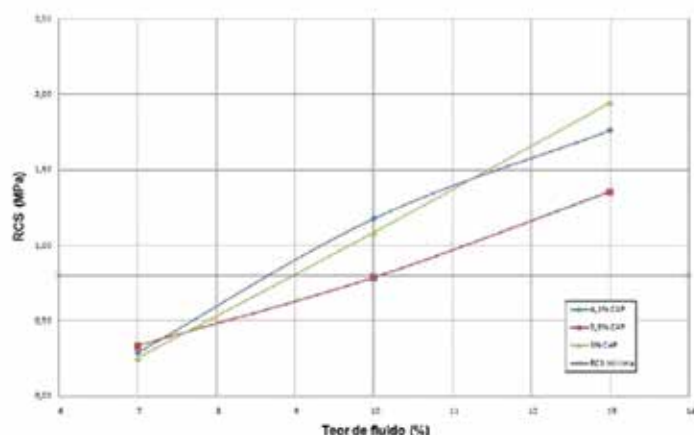


Figura 5.5 – Corpo de prova da mistura solo-emulsão (solo 1)

No caso do ensaio de RCS, diferentemente do que ocorreu com o parâmetro RT, os melhores resultados não ficaram em torno da umidade ótima. Na verdade, não parece existir um teor ótimo de emulsão com relação a esse parâmetro. Os melhores resultados foram obtidos para o maior teor de fluido ensaiado (13%). As misturas parecem seguir um comportamento linear onde, quanto maior o teor de fluido existente no momento da mistura, maior os valores de resistência obtidos. Supreendentemente, não foi o maior teor de emulsão que apresentou o maior valor de resistência. Na figura 5.5, nota-se que o maior valor de RCS foi obtido para mistura de 3% de CAP. Os valores mínimos preconizados pelo método de Santana (2009) foram obtidos para os maiores teores de fluido.

Com relação à impermeabilização das misturas, as figuras 5.6 e 5.7 apresentam, respectivamente, os parâmetros RRT e RRCS.

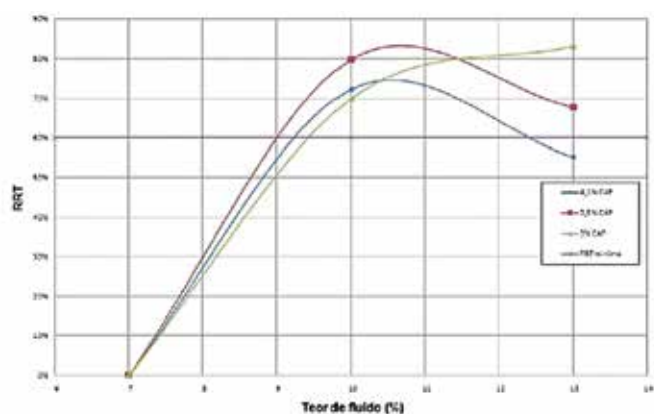


Figura 5.6 – Relação entre as resistências à tração imersa e não imersa (solo 1)

Com relação ao parâmetro RRT, os resultados seguiram o mesmo padrão apresentado anteriormente, ou seja, parece existir um teor ótimo de fluido no momento da mistura onde a propriedade impermeabilizante tem seu valor maximizado. Esse teor fica em torno do teor de umidade ótima (10%). Valores maiores e menores apresentam queda significativa na relação entre as resistências imersa e não imersa. O valor mínimo preconizado pelo método, 60%, foi atingido. Os melhores valores de RRT foram obtidos para as misturas ensaiadas com 3,5% de CAP. Nota-se que para o teor de fluido de 7% no momento da mistura, os corpos de prova não suportaram a imersão.

Pode-se dizer que o teor de 3,5% de CAP, nesse caso, possui o mesmo efeito impermeabilizante que o teor de 4,1%. Como o valor de RT rompida sem imersão para o teor de 4,1% é maior e, os valores de resistência a tração rompidos após imersão de 1 hora são muito parecidos para os dois teores, a queda de resistência para o teor de 4,1% de CAP é mais significativa. Em outras palavras, os dois teores (3,5% e 4,1%) possuem o mesmo efeito impermeabilizante. A figura 5.7 apresentada a seguir apresenta os resultados obtidos em relação às resistências à compressão simples imersa e não imersa.

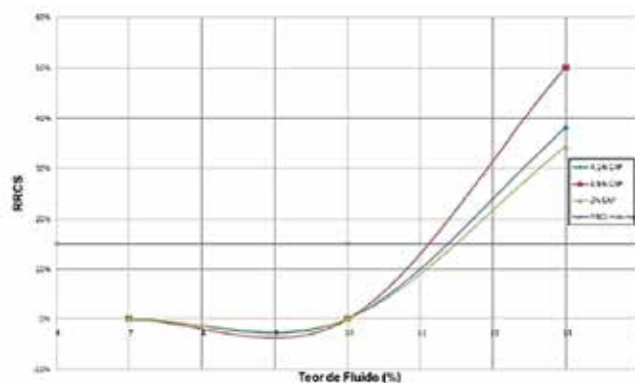


Figura 5.7 – Relação entre as resistências à compressão simples imersa e não imersa (solo 1)

O pior desempenho das misturas ensaiadas foi em relação ao parâmetro RRCS. Entre os três teores de fluido ensaiados, sendo eles 7, 10% e 13%, apenas o último teor apresentou resultados satisfatórios. As misturas ensaiadas nos teores de 7% e 10% não suportaram a imersão. Na moldagem era visível o aspecto “seco” dos corpos de prova. Os maiores valores de RRCS foram obtidos para o teor de 3,5% de CAP residual.

Os ensaios triaxiais dinâmicos, também conhecidos como ensaios de módulo de resiliência (MR), foram realizados no âmbito deste trabalho com a finalidade de investigar o comportamento quanto à deformabilidade das misturas solo-emulsão.

Na presente pesquisa, o ensaio triaxial de módulo de resiliência foi realizado segundo método de ensaio DNER - ME 134/2010. Esse método especifica que, após a preparação do corpo de prova na câmara triaxial, seja feito um condicionamento inicial o qual, segundo Medina e Motta (2005), é importante para eliminar as grandes deformações plásticas, que ocorrem no início da aplicação das cargas.

Para a realização desses ensaios, os corpos de prova foram moldados em cilindro tripartido, de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura, compactados em 5 camadas onde foram aplicados 27 golpes em cada uma delas.

Para o ensaio realizado no solo puro, o CP foi compactado na umidade ótima do material e ensaiado imediatamente após a desmoldagem do mesmo.

No caso dos corpos de prova das misturas solo-emulsão, os mesmos foram ensaiados após cura seca ao ar pelo período de 7 dias.

Ensaio com solo 1

Como relatado anteriormente, não foram realizados ensaios de MR nas misturas com o solo 2. Foi realizado 1 ensaio de módulo de resiliência no solo 1 sem adição de emulsão asfáltica. Também, foram realizados 4 ensaios de MR nas misturas solo emulsão utilizando o solo 1. Os teores escolhidos para realização do experimento foram definidos em função dos resultados obtidos nos ensaios de RT e RCS, sendo eles: teores de fluido de 10% e 13% e teores de CAP residual de 4,1% e 3,5%.

Os resultados obtidos foram analisados segundo três modelos clássicos de ajuste, que correlacionam o MR com a tensão de desvio (σ_d), com a tensão de confinamento (σ_3) e com o invariante de tensões ($\Phi = \sigma_1 + 3 \cdot \sigma_3$).

O primeiro modelo de ajuste utilizado foi o que correlaciona o módulo de resiliência com a tensão desvio. A figura 5.8 apresenta graficamente os modelos obtidos para os ensaios realizados considerando um teor de fluido de 10%.

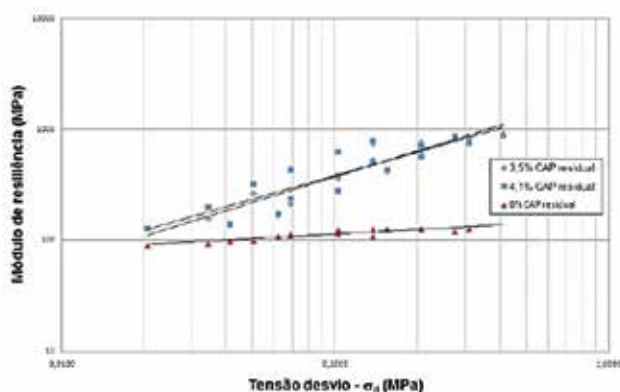


Figura 5.8 - Módulos de resiliência segundo o modelo MR - σ_d para os CPs com teor de fluido de 10%

Analisando-se a figura 5.8 percebe-se que a adição de emulsão asfáltica melhora consideravelmente o comportamento mecânico do solo estudado. Para os valores mais altos de tensão desvio, o solo puro atingiu módulos da ordem de 120 MPa, enquanto que as misturas solo emulsão apresentaram valores de módulo superiores a 1000 MPa, caracterizando um aumento de mais de 80%.

Em se tratando das misturas solo emulsão, os valores de MR obtidos sofreram pouca interferência do teor de CAP residual adicionado. De uma maneira geral, a mistura com 4.1% de CAP residual apresentou os maiores valores de módulo, porém com valores bastante próximos aqueles apresentados para mistura com teor de 3.5%.

Observa-se ainda que, as misturas solo emulsão sofrem maior interferência da tensão desvio quando comparadas ao solo puro, comportamento que pode ser evidenciado pelos coeficientes de ajuste k_2 .

Também foram ensaiados misturas com os mesmos teores de CAP residual com 4.1% e 3.5%, porém, as mesmas foram moldadas com teor de fluido de 13%. A figura 5.9 apresenta os modelos obtidos com esses corpos de prova. O corpo de prova de solo puro, moldado na umidade ótima de 10%, também foi inserido na figura, a título comparativo.

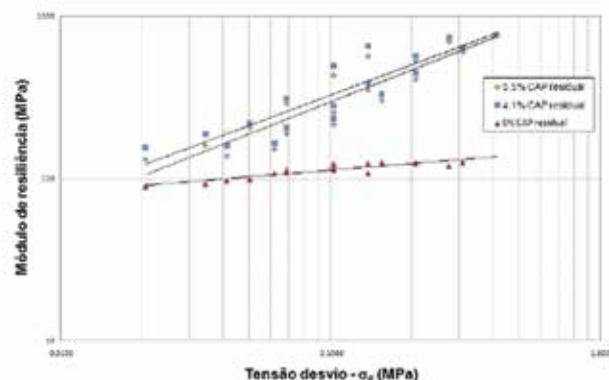


Figura 5.9 - Módulos de resiliência segundo o modelo MR - σ_d para os CPs com teor de fluido de 10%

Assim como as misturas moldadas com teor de fluido de 10%, a adição de emulsão asfáltica também melhorou o comportamento mecânico das misturas moldadas com teor de fluido de 13%. Entretanto, o acréscimo no módulo de resiliência observado para essas misturas foi inferior. Os maiores valores de módulo, obtidos para as maiores tensões desvio, ficaram na ordem de 800 MPa, proporcionando um aumento de 66% quando comparado aos módulos obtidos para o solo puro.

Nas misturas moldadas com 13% de fluido, os maiores valores de módulo foram obtidos para aquela moldada com 4.1% de CAP residual. Diferentemente do comportamento observado nas misturas anteriores, as linhas de tendência, nesse caso, não ficaram tão próximas, indicando dessa maneira um comportamento superior quanto à deformabilidade dessa mistura.

Para evidenciar a superioridade quanto ao comportamento mecânico das misturas moldadas com teor de fluido de 10%, foram inseridos no mesmo gráfico os resultados das misturas moldadas com 10% e 13% para o mesmo teor de CAP residual. A superioridade quanto a deformabilidade das misturas moldadas próximas a umidade ótima pode ser observada nas figuras 5.10 e 5.11 que apresentam, respectivamente, os resultados para as misturas moldadas com 3.5% e 4.1% de CAP residual.

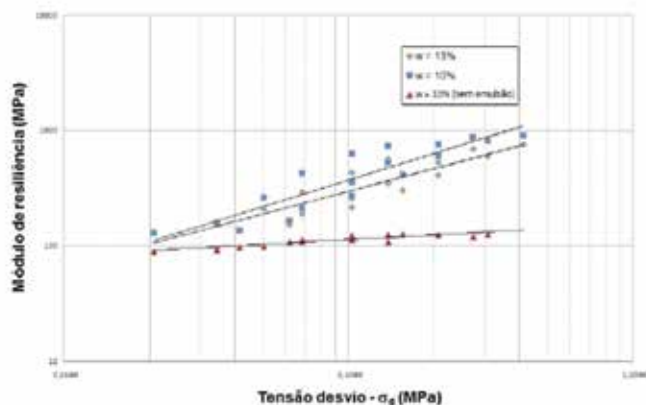


Figura 5.10 - Módulos de resiliência segundo o modelo MR - σ_d para os CPs com teor de CAP de 3,5%

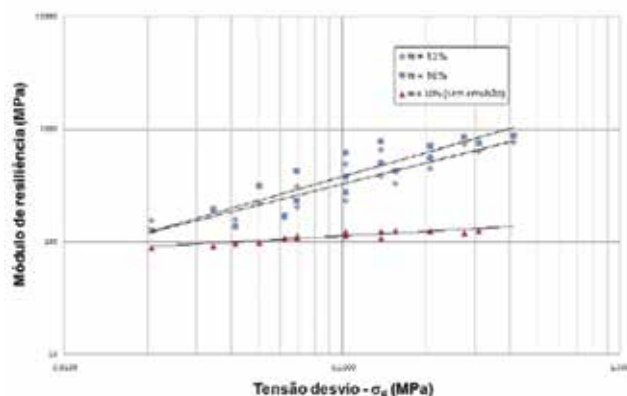


Figura 5.11 - Módulos de resiliência segundo o modelo MR - σ_d para os CPs com teor de CAP de 4,1%

As figuras 5.10 e 5.11 evidenciam a superioridade das misturas solo emulsão moldadas com teor de fluido próximo a umidade ótima do material, independente do teor de CAP residual utilizado na mistura.

Os resultados obtidos ainda foram ajustados segundo os modelos MR- σ_3 e MR- Φ . Os resultados obtidos são apresentados na tabela 5.1.

Teor de fluido (%)	Teor de CAP (%)	MR = $k_1 \cdot \sigma_3^{k_2}$			MR = $k_1 \cdot \sigma_d^{k_2}$			MR = $k_1 \cdot (\Phi/p_{atm})^{k_2}$		
		K_1	K_2	R^2	K_1	K_2	R^2	K_1	K_2	R^2
10,0	0,00	150,1	0,10	0,31	153,78	0,14	0,80	98,62	0,13	0,53
10,0	3,1	6762,97	1,01	0,93	2172,50	0,77	0,83	137,69	0,99	0,98
10,0	4,1	6026,27	0,96	0,96	1939,06	0,71	0,80	149,22	0,94	0,98
13,0	3,5	3519,84	0,86	0,94	1338,89	0,66	0,84	127,33	0,85	0,98
13,0	4,1	3586,75	0,83	0,94	1362,52	0,62	0,81	144,86	0,81	0,97

Tabela 5.1 - Parâmetros dos modelos clássicos de resiliência para as misturas como solo 1

Analisando os resultados apresentados, verifica-se que o modelo de ajuste que melhor representou o comportamento das misturas solo-emulsão foi aquele que correlaciona o módulo de resiliência com o invariante de tensões ($MR-\Phi$), fato que pode ser verificado pelos elevados valores do coeficiente de determinação R^2 .

No caso do ensaio realizado no solo puro, sem adição de emulsão asfáltica, o modelo que melhor representou o comportamento do material foi o que correlaciona o módulo de resiliência com a tensão desvio ($MR-\sigma_d$). O coeficiente de determinação de determinação R^2 obtido foi 0.8.

De uma maneira geral, a adição de emulsão asfáltica ao solo aumenta a influência do estado de tensões quanto ao comportamento resiliente do material. Isso pode ser verificado pelos elevados valores dos coeficientes de ajuste k_2 obtidos. Ainda, as misturas que mais sofreram influência do estado de tensões atuante foram aquelas com 3.5% de CAP residual.

Para os ensaios do tipo WTAT foram ensaiados corpos de prova apenas do solo 1. Foram moldados dois corpos de prova da mistura solo emulsão, sendo que o teor de fluido escolhido para mistura foi 13% e os teores de CAP residual escolhidos foram 3.5% e 4.1%. Também foi moldado um corpo de prova de solo puro, para verificar o efeito da adição da emulsão asfáltica quanto à resistência ao desgaste. A escolha do teor de fluido de 13% no momento da mistura buscou a obtenção de uma combinação mais homogênea entre o solo e a emulsão empregada.

O ensaio WTAT foi originalmente desenvolvido para projeto de dosagem de revestimentos delgados tipo microrrevestimento e lama asfáltica. A metodologia original é descrita pela norma NBR 14746 - Determinação da perda por abrasão úmida e consiste basicamente em submeter um corpo de prova à abrasão gerada pela ação de uma mangueira de borracha a uma velocidade determinada e a um número de ciclos estabelecidos.

Uma adaptação deste ensaio foi proposta por Duque Neto (2004), Miceli (2006), Gondim (2005) e Santana (2009) utilizaram a adaptação proposta para avaliação de misturas solo-emulsão. No presente trabalho, buscou-se aproveitar a adaptação de Duque Neto para avaliar os efeitos abrasivos do ensaio em duas superfícies distintas: o solo natural e o solo-emulsão.

A realização do ensaio seguiu as seguintes etapas:

- a) primeiramente era pesado o conjunto molde + solo antes do início do ensaio. Eram determinadas 3 alturas no centro do molde com auxílio da régua de aço e do paquímetro;
- b) o molde era encaixado na máquina e travava-se o cabeçote de abrasão da mangueira de borracha no eixo da mesma. A plataforma da máquina era elevada até que a mangueira de borracha ficasse apoiada livremente sobre a superfície da amostra;
- c) regulava-se a máquina para 110 rpm (nível 1) e tempo de

operação de 300 segundos:

- d) após o ensaio, o material desprendido era retirado com ajuda de um pincel. Pesava-se o conjunto molde + solo após o ensaio. Determinavam-se 3 alturas no centro do molde com auxílio da régua de aço e do paquímetro.

Os resultados obtidos neste ensaio são os seguintes:

- a) deformação permanente, determinada a partir da diferença entre as leituras inicial e final;
- b) perda de massa por abrasão, determinada pela diferença entre as massas inicial e final.

Para o ensaio adaptado de WTAT, os critérios de avaliação propostos por Duque Neto (2004) consistem da avaliação visual das medidas do afundamento e da perda de massa por abrasão. Na presente pesquisa a avaliação dos resultados de WTAT foi feita de forma quantitativa, onde se excluiu a subjetividade da avaliação visual. A análise baseou-se nos valores de perda de massa por abrasão e nas medidas de afundamento dos corpos de prova.

Discute-se no próximo item os resultados dos ensaios adaptados de WTAT para as amostras pura e estabilizada do solo 1.

Ensaio com solo 1

Os resultados da perda de massa por abrasão decorrente da realização dos ensaios de WTAT para as amostras referentes ao solo 1 são apresentados na figura 5.12.

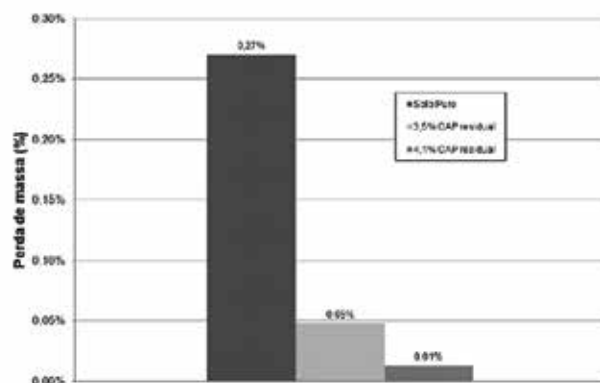


Figura 5.12 – Resultados dos ensaios WTAT para o solo 1 com relação a perda de massa por abrasão

Nota-se que o solo puro apresentou uma menor resistência à abrasão quando comparado as misturas estabilizadas com emulsão. Entretanto, o valor da perda de massa de 0.27% pode ser considerado baixo quando comparado a outros resultados encontrados na bibliografia. A aplicação de emulsão no solo gerou amostras bem mais resistentes ao esforço abrasivo. A perda de massa do solo a estabilização é de cerca de 0.05% para mistura com 3.5% de CAP residual e 0.01% para mistura com

4,1% de CAP residual. Os resultados obtidos indicam que quanto maior o teor de ligante asfáltico adicionado na mistura maior a resistência da mesma ao desgaste.

A melhoria na resistência à abrasão devido à estabilização refletiu-se também nos afundamentos sofridos pelos corpos de prova. Os resultados do afundamento decorrente da realização do ensaio WTAT são apresentados na figura 5.13. Como pode se constatar, a adição de maiores teores de emulsão torna a mistura mais resistente quanto ao afundamento. Cabe salientar que os valores encontrados para o solo puro estão abaixo da maioria dos resultados obtidos na bibliografia consultada.

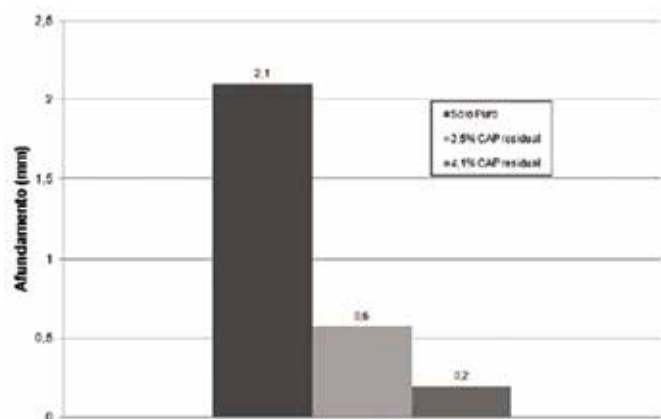


Figura 5.13 – Resultados dos ensaios WTAT para o solo 1 com relação ao afundamento

Após realização do ensaio WTAT nas misturas solo emulsão, as mesmas foram submetidas a mais um ciclo de ensaio, agora com a presença de uma lâmina d'água com espessura aproximada de 1mm. A presença de um filme de água é uma situação bastante desfavorável. O objetivo foi realizar a simulação em laboratório de uma situação que pode ocorrer em campo, considerando que o atrito gerado pela mangueira corresponde ao atrito gerado pelo pneu do veículo em um dia de chuva.

A presença de água no momento do ensaio impôs as misturas uma perda de massa por abrasão bem maior, como pode ser visualizado na figura 5.14. Com relação ao ensaio realizado no solo puro, a presença da lamina d'água aumentou em aproximadamente 16 vezes a perda de massa por abrasão. Em se tratando das misturas solo emulsão o efeito nocivo da água foi ainda maior, onde pode ser observado um aumento de aproximadamente 21 vezes na perda de massa para mistura com 3,5% de CAP residual e de cerca de 60 vezes para mistura com 4,1% de CAP residual.

Observando-se a figura 5.14 nota-se que a mistura com maior teor de ligante asfáltico apresentou os melhores resultados com relação à resistência a abrasão o que, de certa maneira, já era esperado. Quanto maior o teor de ligante asfáltico na mistura, menor sua permeabilidade, reduzindo dessa maneira a infiltração de água para dentro do corpo de prova o que reduz

significativamente a ação deletéria da água.

Nota-se que a menor resistência a abrasão foi presenciada pelo solo puro. A mistura realizada com 3,5% de CAP residual apresentou um comportamento intermediário.

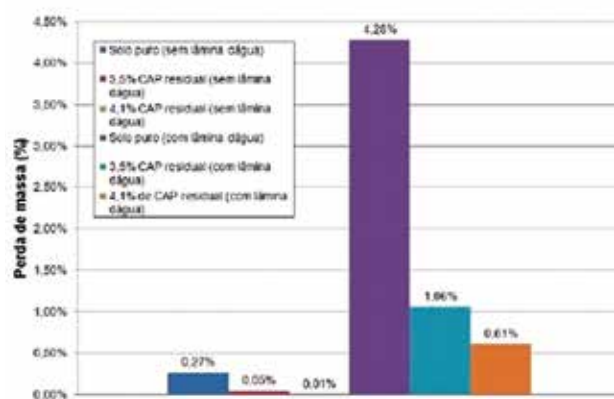


Figura 5.14 – Resultados dos ensaios WTAT com e sem lâmina d'água para o solo 1 com relação a perda de massa por abrasão

Após a realização dessa bateria de ensaios, foram feitas leituras com paquímetro para verificação do afundamento. As leituras foram realizadas aproximadamente 15 dias após a realização dos ensaios, período no qual ocorreu a secagem dos corpos de prova ao ar livre.

De uma maneira geral, a existência da lamina d'água aumentou o afundamento nos corpos de prova. A maior leitura foi observada no solo puro, onde foi medido 2,8 mm de afundamento.

Com relação as misturas solo emulsão, aquela com 4,1% de CAP residual apresentou um afundamento de 1,28mm. As leituras realizadas na mistura com 3,5% de CAP residual não identificaram afundamento.

Além disso, a superfície do corpo de prova após a realização do ensaio mostrou-se bastante irregular. Como as medidas foram tomadas na parte central do CP, sem nenhum vínculo com os locais onde foram realizadas as primeiras leituras, essas irregularidades podem ter distorcido o afundamento real existente. Os resultados obtidos com relação ao afundamento são apresentados na figura 5.15.

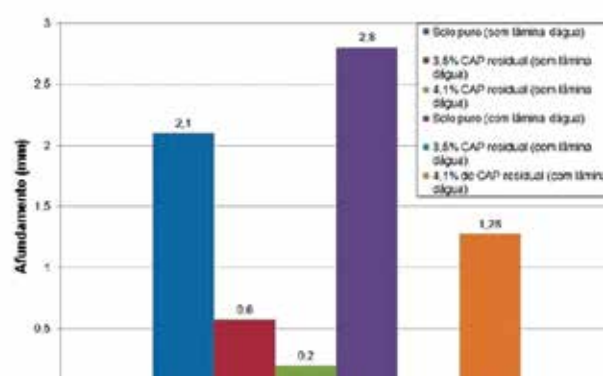


Figura 5.15 – Resultados dos ensaios WTAT com e sem lâmina d'água para o solo 1 com relação ao afundamento

CONSÓRCIO CONCLUI OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO DA TRAVESSIA URBANA DE NOVA SERRANA (MG).

O perímetro urbano de Nova Serrana se transformou com a obra de duplicação da rodovia BR 262. Com a conclusão das obras, a população ganhou em segurança e qualidade no trânsito. O caos, acidentes e mortes de trânsito, que ocorriam constantemente na travessia urbana, são problemas do passado.

Com a conclusão das obras de duplicação, o consórcio está entregando para a comunidade de Nova Serrana e região, esta importante obra de infraestrutura. O projeto consiste em seis passagens inferiores, um viaduto além de ruas laterais que garantem a separação do trânsito local da cidade e o de longa distância, da rodovia federal com o objetivo de garantir segurança e mobilidade aos usuários.

As fotos ao lado, retratam como era o cruzamento antes do início de execução do projeto de duplicação e hoje, com o fluxo de pedestres e veículos, transitando de forma ordenada e segura. A obra foi executada pelo Consórcio: TRAÇADO - PLANATERRA - GRECA, contratado pelo DNIT e que foi o responsável pelos serviços.

Com a compreensão de moradores e motoristas de Nova Serrana, foi possível a execução da obra, que deixa uma lição a todos nós: O transtorno passa e a obra fica, como dizia Robson Eduardo Redes, engenheiro do consórcio. Frase que pôde ser vista nas placas de sinalização ao longo do trecho em obras, pedindo paciência e calma a todos diante dos transtornos gerados em função da grande complexidade do projeto executado que é também de grande alcance social.



1. ANTES: Trecho próximo a rodoviária



2. DEPOIS: Trecho próximo a rodoviária



3. ANTES: Trevo do Novo Horizonte (MG)



4. DEPOIS: Trevo do Novo Horizonte (MG)



DA PESQUISA À

Da Pesquisa a Aplicação, a GRECA Asfaltos oferece suporte integral aos clientes.

Por meio de seu Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação – CPD,I a GRECA Asfaltos na maioria das obras, auxilia seus clientes no desenvolvimento de soluções objetivando desta forma garantir o melhor desempenho possível do pavimento asfáltico que virá a utilizar os produtos ofertados pela GRECA.

Paralelamente ao CPD,I as carretas que transportam os produtos da GRECA possuem tecnologia própria, a fim de garantir as características intrínsecas de cada um dos produtos fornecidos ao mercado.



APLICAÇÃO



Durante as etapas de aplicação uma equipe técnica especializada realiza acompanhamentos periódicos in loco.

Este conjunto de ações ligado ao compromisso da GRECA Asfaltos com a qualidade de seus produtos reforça o compromisso "Da Pesquisa à Aplicação".



ECOFLEX



8.024.175

Retirados da natureza

Este é o número que representa o ECOFLEX, Asfalto-Borracha desenvolvido pela GRECA. Com mais de 14 anos de história, nosso Asfalto Ecológico já utilizou em sua produção o impressionante número de **8.024.175** de pneus inservíveis.

São mais de 8 milhões de pneus que seriam descartados na natureza e que agora representam mais de 8 mil quilômetros de estradas pavimentadas com uma solução sustentável e pioneira no Brasil.

Acesse nosso canal no YouTube e veja como é o processo de transformação de pneus em Asfalto-Borracha: www.youtube.com/GRECAasfaltos



Coordenação: **Juliane Greca/Potira Costa Gonçalves Riedtmann** | Diagramação: **pontodesign** | Periodicidade: **quadrimestral** | Tiragem: **3.000 exemplares**
Pré-impressão e Impressão: **Radial** | Endereço: **Av. das Araucárias, 5126 Araucária - PR - 83.707-754** | Fone: **0300-789-4262** | Fax: **(41) 2106-8601**

Críticas, comentários ou sugestões de temas podem ser enviados para: fatoseasfaltos@GRECAasfaltos.com.br

CADASTRE-SE NO SITE PARA RECEBER O F&A www.GRECAasfaltos.com.br